

بررسی تأثیر پرورش فیل ماهی (*Huso huso*) در قفس بر عوامل غیر زیستی در حوضه جنوبی دریای خزر (منطقه جفروود)

ذبیح اله پژند*^۱، مرجان صادقی راد^۱، کورش حدادی مقدم^۱، فروزان چوبیان^۱،
زهرا رمضانپور^۱، اسماعیل فرزانه^۱

۱- موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵-۳۴۶۴

تاریخ پذیرش: ۱۸ ادیبهشت ۱۳۹۷

تاریخ دریافت: ۲۱ دی ۱۳۹۶

چکیده

با توجه به شرایط اکولوژیک، آب و هوایی و هیدرولوژیک و بسته بودن دریای خزر و همچنین زیستگاه‌های گونه‌های بارزش و در حال انقراض ماهیان خاویاری، ضرورت دارد قبل از هرگونه توسعه در امر پرورش ماهی در دریا، مطالعات جامع و کاملی از نظر شرایط زیست محیطی صورت پذیرد. این طرح با حمایت مالی اداره کل شیلات استان گیلان باهدف بررسی شرایط غیر زیستی در امر توسعه پرورش فیل ماهیان در قفس در دریای خزر در منطقه جفروود بندر انزلی (عمق ۵۰ متری) به مدت یک سال توسط موسسه تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری انجام شد. بررسی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قفس به‌طور ماهانه انجام شد. بررسی‌ها در ۴ ایستگاه در داخل قفس و ۱ ایستگاه در خارج قفس (۲۰ متر در مسیر خلاف جهت جریان آب در غرب) انجام شد. شرایط غیر زیستی پرورش ماهی در قفس با اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی شامل اندازه‌گیری درجه حرارت آب و هوا، اکسیژن محلول، pH و شوری آب و همچنین فاکتورهای نیتريت، ارتوفسفات، هدایت الکتریکی و TSS به‌طور ماهانه انجام گردید. همچنین میزان مواد آلی (TOM) و دانه‌بندی رسوبات اندازه‌گیری شد. در بررسی میزان رشد فیل ماهیان در قفس بر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل $N-NO_2^-$ ، $N-NO_3^-$ ، $P-PO_4^{3-}$ ، اکسیژن محلول، دمای آب، pH، شوری آب... طی ماه‌های موردبررسی ارتباط معنی‌دار آماری مشاهده نشد ($p>0.05$) و همچنین آزمون آماری اختلاف معنی‌داری را در این فاکتورها بین داخل و خارج قفس نشان ندادند ($p>0.05$). این در حالی است که در فاکتورهای TOM، TSS و دانه‌بندی رسوبات در داخل و خارج قفس از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید ($p<0.01$). نتایج حاصل از فاکتورهای غیر زیستی ایستگاه‌های موردبررسی در قفس نشان داد این فاکتورها در محدوده غلظت‌های قابل قبول جهت پرورش بودند. با توجه به اینکه چنین فعالیت‌هایی اثرات خود را در طولانی مدت نشان می‌دهند و به دلیل مشکلات ایجادشده در خصوص سازه نصب‌شده در دریا امکان ادامه بررسی‌ها فراهم نشد. استمرار چنین مطالعاتی به‌منظور دستیابی به یک روش استاندارد بر اساس اطلاعات زیست محیطی ضرورت دارد تا مدیران بتوانند جهت ارزیابی ظرفیت پرورش ماهی در قفس‌های دریایی به‌منظور صدور مجوز احداث قفس برای پرورش دهندگان ماهیان خاویاری اطلاعات لازم را کسب نمایند.

کلمات کلیدی: پرورش در قفس، فیلماهی، فاکتورهای غیر زیستی، دریای خزر.

مقدمه

امروزه گونه‌های باارزش ماهیان خاویاری در آب‌های شیرین و لب‌شور به روش‌های مختلف پرورش داده می‌شوند. کمبود آب شیرین نیز یکی از معضلات جهانی شمرده می‌شود. مصرف آب در سال‌های گذشته رشد زیادی داشته و آثار هشداردهنده آن با توجه به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش سطح دریاچه‌ها و خشکی مرداب‌ها آشکار شده است و متعاقب آن در آینده اهمیت منابع آب شیرین بارزتر خواهد شد. به دلیل اینکه بیشترین مصرف‌کننده آب شیرین در صنعت، فعالیت‌های آبریزی پروری است بنابراین کاهش منابع آبی در بقاء و توسعه این صنعت تأثیرات سوء خواهد داشت. با توجه به این مسئله استفاده از قفس در دریای خزر جهت پرورش ماهیان خاویاری می‌تواند یکی از راهکارهای جبران این کمبود در حوضه جنوبی دریای خزر باشد.

به دلیل مشکلات ناشی از پرورش در قفس و پن در مناطق دریایی یا آب‌های محصور شیرین و افزایش نگرانی جهانی در مورد پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های آبریزی پروری، هم‌اکنون تلاش‌هایی در جهت دستیابی به اطلاعات پایه‌ای موردنیاز برای ارزیابی مطلوب اثرات زیست‌محیطی در مورد حداقل برخی از سیستم‌های پرورش و متعاقب آن طراحی راهبردهای مدیریت عاقلانه در حال انجام است.

بر اساس آمار FAO (۲۰۰۵) کشور چین با تولید حدود یک میلیون تن آبزیان در قفس در آب شیرین مقام اول را در جهان دارا است. همچنین سه کشور نروژ، شیلی و چین بیشترین میزان تولید آبزیان را در دریاها و آب‌های لب‌شور دارا هستند. پرورش ماهیان خاویاری در قفس از چند سال قبل در کشور روسیه

آغاز شد و هم‌اکنون بیش از ۶۰ درصد تولید خاویاری در قفس انجام می‌شود. در کشور چین نیز پرورش ماهیان خاویاری در قفس به‌طور گسترده در حال انجام بوده و سالانه بالغ بر ۱۰ هزار تن ماهی خاویاری در قفس تولید می‌گردد. در این کشور از ۳۴۰ هزار مترمربع سطح زیر کشت پرورش ماهیان خاویاری ۱۲۳ هزار مترمربع معادل ۳۶ درصد، به پرورش در قفس در آبگیرها و دریاچه‌ها اختصاص دارد. (Wei Qi-wei, 2009).

تولید و پرورش ماهیان در قفس در آب‌های سواحل جنوبی دریای خزر با توجه به شرایط اقلیمی، وضعیت اکولوژیک و هیدرولوژیک دریا کاملاً جدید است و با توجه به بسته بودن دریای خزر و همچنین با توجه به اینکه این دریا زیستگاه گونه‌های باارزش و در حال انقراض ماهیان خاویاری است، ضرورت دارد قبل از هرگونه توسعه در امر پرورش ماهی در قفس‌های دریایی، مطالعات جامع و کاملی صورت پذیرد. فن-آوری‌های نوین، پرورش ماهیان را در سواحل و آب‌های آزاد امکان‌پذیر نموده است اما به‌موازات استفاده از این فن‌آوری‌ها خطرات زیست‌محیطی نیز بیشتر می‌شود. بنابراین باید بهترین علوم موجود به کار گرفته شود و بهترین مدیریت برای سامان بخشیدن و آموزش یک صنعت پایدار پرورش ماهیان دریایی تحقق یابد.

تجربیات زیادی در زمینه پرورش ماهی در قفس در محیط‌های حاوی آب شیرین و شور شامل اقیانوس‌ها، مصب‌ها، دریاچه‌ها، مخازن پشت سدها، استخرها و رودخانه در سراسر جهان وجود دارد (Beveridge, 1998). در آسیای جنوب شرقی، پرورش ماهی در قفس یک نقش مهمی در تولید ماهی برای کشاورزان

می کند که سرمایه گذاران، بخش های دولتی و آژانس های کنترل کننده درک صحیحی از نسبت خطرات زیست محیطی ناشی از این نوع پرورش و راه حل های مناسب برای به حداقل رساندن این خطرات داشته باشند و این خطرات را مدیریت نموده و یا از بین ببرند.

مواد و روش ها

قفس شناور دریایی از جنس پلی اتیلن به قطر ۲۰ متر و ارتفاع ۸ متر و در فاصله ۷۰۰۰ متری ساحل و در عمق ۵۰ متری دریا در منطقه جفرود شهرستان بندر انزلی استقرار یافت. تعداد ۴۲۸۱ عدد فیل ماهی با میانگین وزن 229 ± 5 گرم از خرداد تا دی ماه ۱۳۹۱ به قفس معرفی شدند. فیل ماهیان پس از حمل به ساحل دریای خزر با استفاده از مخازن هزار لیتری و قایق موتوری به محل استقرار قفس منتقل و به قفس معرفی شدند. تغذیه فیل ماهیان با استفاده از خوراک اکسترودر با ترکیب ۴۳ درصد پروتئین، ۲۲ درصد چربی روزانه در دو وعده صبح و عصر و گاهی به دلیل وضعیت و شرایط دریا در یک وعده انجام شد. حداقل مقدار غذای روزانه ۱۴ کیلوگرم و حداکثر آن ۳۴ کیلوگرم بود. مقدار غذای روزانه معادل ۱ تا ۲/۵ درصد وزن بدن محاسبه و مورد تغذیه فیل ماهیان موجود در قفس قرار گرفت.

نمونه برداری از ستون آب در دونقطه داخل و خارج قفس (۲۰ متر در مسیر خلاف جهت جریان آب در غرب) انجام شد. همچنین نمونه های رسوب جهت تعیین میزان مواد آلی (Total Organic Mater) و دانه بندی رسوبات (Grain size) در ۴ نقطه از بستر زیر قفس و ۱ نقطه خارج قفس در محل نمونه برداری از ستون آب انجام شد.

کشورهایی چون ویتنام، اندونزی و تایلند در مقیاس کوچک بازی می کند (Liao and Lin, 2000). این در حالی است که تأثیرات زیست محیطی پرورش ماهی در قفس اغلب نادیده گرفته می شود و تحقیقات و بررسی های زیست محیطی بندرت انجام می گیرد. اثرات محیطی ناشی از پرورش در قفس ماهیان بر کیفیت آب از اولین نگرانی هایی است که هر شخصی که می خواهد توسعه این صنعت در مقابل محیط زیست مسئولانه باشد، با آن دست به گریبان است و بسیاری از مقالات به این موضوع اشاره دارند (Wu, 1995, Pearson and Black, 2001, Hargrave, 2003, Goldburg and Naylor, 2005, Braaten, 2007, Pittenger *et al.*, 2007, Grigorakis and Rigos, 2011).

نتایج و اثرات در سایت های پرورشی مختلف و برای گونه های مختلف متفاوت است، اما این مسئله که در بیست سال گذشته یک پیشرفت قابل توجه ای در مدیریت بهره برداری از قفس های دریایی در ارتباط با بهبود کیفیت آب وجود داشته است، مورد توافق همگان است. به طور مثال در بررسی بیش از ۲۰ مقاله تحقیقاتی که توسط Holmer (۲۰۱۰) انجام شد، نشان داد که هیچ اثری از غنی سازی در ستون آب در قفس های دور از ساحل وجود نداشته است.

بررسی فاکتورهای زیستی و غیر زیستی پرورش فیل ماهی در قفس در دریای خزر باهدف بررسی شرایط زیستی و غیر زیستی در امر توسعه پرورش ماهیان خاویاری در قفس در دریای خزر در منطقه جفرود بندر انزلی (عمق ۵۰ متری) به مدت یک سال توسط موسسه تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری انجام شد.

انگیزه های اقتصادی قوی برای توسعه این صنعت وجود دارد و بنابراین مسئولیت زیست محیطی ایجاب



تصویر ۱: محل استقرار قفس در عمق ۵۰ متری منطقه جفود در حوضه جنوبی دریای خزر

بار اندازه گیری و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. اندازه-گیری TOM و دانه بندی و تعیین بافت رسوبات بستر بر اساس روش (Holme and McIntyre 1984) انجام شد.

جهت تعیین TOM از فرمول $\% \text{TOM} = (A-B) \times 100$ که A برابر وزن بوته چینی با رسوب بعد از خشک شدن در آون، B برابر وزن بوته ی چینی با رسوب بعد از خشک شدن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد و C برابر وزن بوته چینی خالی استفاده شد.

جهت تجزیه تحلیل آماری از نرم افزارهای SPSS و Excel استفاده شد. به منظور بررسی توزیع نرمال داده ها در نمونه های مورد بررسی از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. جهت تعیین اختلاف بین فاکتورهای رشد فیل ماهیان در ماه ها و ایستگاه های مختلف از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) یک طرفه -ONE Factorial analysis Way با تعیین ضریب F-ratio استفاده شد. در صورت نرمال بودن داده ها به منظور بررسی ارتباط و همبستگی بین فاکتورهای پرورش فیل-ماهی در آب دریای خزر و فاکتورهای فیزیکی و

شرایط غیر زیستی پرورش ماهی در قفس با اندازه-گیری فاکتورهای فیزیک و شیمیایی شامل اندازه گیری درجه حرارت آب و هوا، اکسیژن محلول و pH با استفاده از دستگاه اکسیژن متر و pH متر دیجیتال WTW و شوری آب با استفاده از دستگاه شوری سنج چشمی در سه عمق سطح، ۱۰ متر و ۳۰ متر آب در محل استقرار قفس انجام گردید. غلظت نیتریت، نیترات، ارتوفسفات، با استفاده از کیت های آزمایشگاهی (HACH) و دستگاه اسپکتروفتومتر HACH در سه عمق سطح، ۱۰ متر و ۳۰ متر و قلیائیت کل، هدایت الکتریکی، سولفات و TSS بر اساس روش های استاندارد به طور ماهانه اندازه گیری شد (APHA, 1998).

جهت ارزیابی حجم مواد دپو شده ناشی از غذایی در بستر دریا میزان مواد آلی رسوبات (TOM) در ۴ نقطه و سه تکرار با نمونه برداری از بستر به وسیله دستگاه گرب مدل ون وین با سطح مقطع ۵۰۰ سانتی-مترمربع در عمق ۵۰ متری بستر دریا در زیر قفس، قبل و پس از استقرار قفس انجام شد. مجموع مواد آلی رسوب بر حسب درصد وزن خشک برای هر نمونه ۳

شیمیایی آب محل پرورش از قبیل درجه حرارت و میزان شوری و اکسیژن محلول در نزدیک بستر ایستگاه و مقدار Silt-clay و کل مواد آلی بستر (TOM) از آزمون ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از اولین زیست‌سنجی فیل ماهیان موجود در قفس نشان داد میانگین وزن فیل ماهیان از میزان ۲۹۴ گرم در به میزان ۱۲۷۱ گرم در دی ماه ۱۳۹۱ رسید. در این مدت حداقل وزن از ۲۵۸ گرم به ۶۹۰ گرم و حداکثر وزن از ۳۲۶ گرم به ۱۸۰۰ گرم افزایش یافت.

همچنین اندازه گیری طول کل ماهیان نشان داد که میانگین طول کل از ۴۲ به ۶۱/۶ سانتی‌متر رسید و حداکثر طول کل از ۴۵ به ۷۸ سانتی‌متر و حداقل طول کل از ۴۰ به ۵۱ سانتی‌متر افزایش یافت. میزان رشد روزانه از حداقل ۱/۱۱ گرم در روز تا حداکثر ۱۱/۴۳ گرم در روز اندازه گیری شد. درصد افزایش وزن بدن (BW%) نیز به دلیل آنچه در بالا به آن اشاره شد با

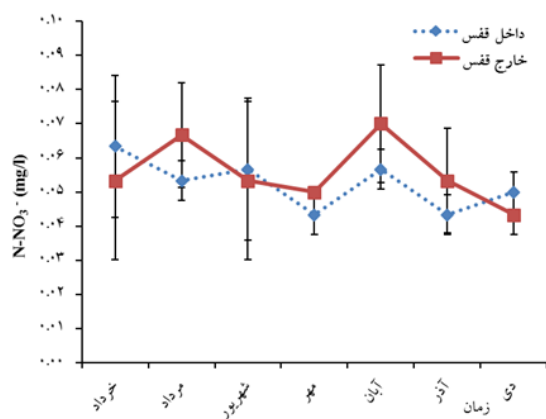
نوسانات همراه بود. بهترین مقدار درصد افزایش وزن بدن در آبان ماه به میزان ۱۳۸/۴ گرم اندازه گیری شد. ضریب چاقی (CF) اندازه گیری شده در فیل ماهیان از حداقل ۰/۳۸ تا حداکثر ۰/۵۷ در نوسان بود. شاخص رشد ویژه (SGR) از حداقل ۰/۲۵ تا حداکثر ۲/۱ اندازه گیری شد.

نتایج حاصل از اندازه گیری دمای آب و هوا، اکسیژن محلول و pH آب در داخل و خارج قفس در ماه‌های مورد بررسی نشان داد که دامنه تغییرات دمای آب ۲۵/۲-۲۶/۳ درجه سانتی‌گراد در خردادماه و ۸-۹ درجه سانتی‌گراد در آذرماه است. در این بررسی، حداقل میزان اکسیژن محلول ۴/۸ میلی گرم در لیتر در خردادماه و مهرماه و حداکثر آن ۸/۶۹ میلی گرم در لیتر در دی ماه بود. همچنین میزان pH آب در کل بررسی‌های انجام شده بالای ۸ اندازه گیری شد و نوسان کمی را طی ماه‌های مختلف نشان داد (جدول ۱) و از نظر آماری اختلاف معنی داری رابین دمای آب، اکسیژن محلول و pH داخل و خارج قفس نشان نداد ($P>0.05$).

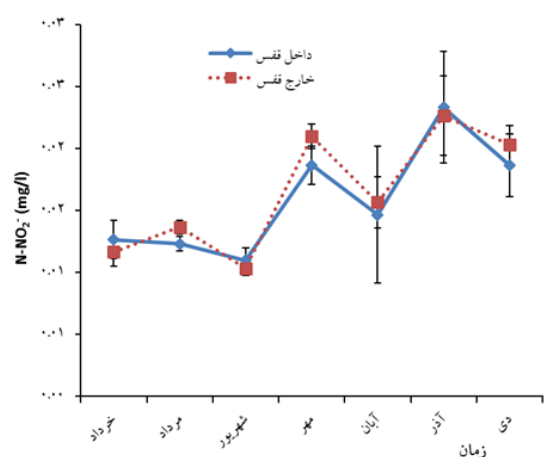
جدول ۱: دامنه تغییرات دمای آب، اکسیژن محلول و pH در داخل و خارج قفس مستقر در دریای خزر

ماه‌های نمونه- برداری		T (°C)		DO (mg/l)		pH	
داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس
۲۵/۲-۲۶/۳	۲۵/۲-۲۶/۳	۴/۸-۵/۲	۵-۵/۵	۸/۱-۸/۲۹	۸/۱-۸/۵	داخل قفس	خارج قفس
۲۸/۵-۳۰	۲۸/۵-۳۰	۵/۸-۷/۲	۶/۱-۶/۵	۸/۱-۸/۲	۸/۱-۸/۷	داخل قفس	خارج قفس
۲۲/۵-۲۳	۲۲/۵-۲۳	۵/۲-۵/۸	۵/۱-۵/۵	۸/۲-۸/۳	۸/۲-۸/۸	داخل قفس	خارج قفس
۲۱-۲۳	۲۱-۲۳	۴/۸-۵	۴/۹-۵/۱	۸/۱-۸/۳	۸/۱-۸/۶	داخل قفس	خارج قفس
۱۸/۵-۲۰	۱۸/۵-۲۰	۴/۸-۵	۴/۹-۵/۱	۸/۰-۸/۳	۸/۲-۸/۳	داخل قفس	خارج قفس
۸-۹	۸-۹	۸/۳-۸/۶	۸/۴-۸/۷	۸/۲-۸/۴	۸/۲-۸/۷	داخل قفس	خارج قفس
۹/۷-۱۰	۹/۷-۱۰	۸/۴-۸/۶	۸/۲-۸/۵	۸/۲-۸/۵	۸/۴-۸/۵	داخل قفس	خارج قفس

۰/۰۱ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۰۶۸ میلی گرم در لیتر در آبان ماه در خارج قفس اندازه گیری شد. همچنین حداقل میزان نیترات در آذر و دی ماه با مقدار ۰/۰۴۳ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۰۷ میلی گرم در لیتر در آبان ماه در خارج قفس اندازه گیری شد (نمودارهای ۳ تا ۵). از نظر آماری اختلاف معنی داری در میزان فاکتورهای فسفات، نیتريت و نیترات در داخل و خارج قفس مشاهده نشد ($P>0.05$).

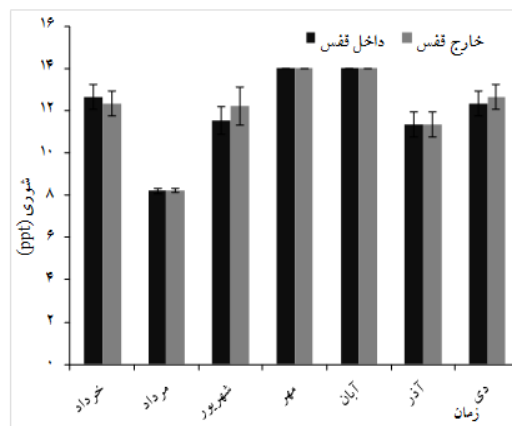


نمودار ۳: تغییرات NO₃⁻ در داخل و خارج قفس



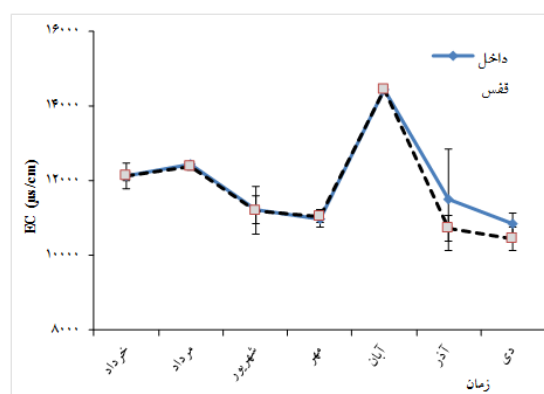
نمودار ۴: تغییرات NO₂⁻ در داخل و خارج قفس

میزان شوری حداقل ۸/۵ قسمت در هزار در مردادماه و حداکثر ۱۴ قسمت در هزار در مهرماه بود و هیچ گونه اختلافی از نظر آماری بین داخل و خارج قفس مشاهده نگردید ($P>0.05$).



نمودار ۱: تغییرات شوری آب در داخل و خارج قفس

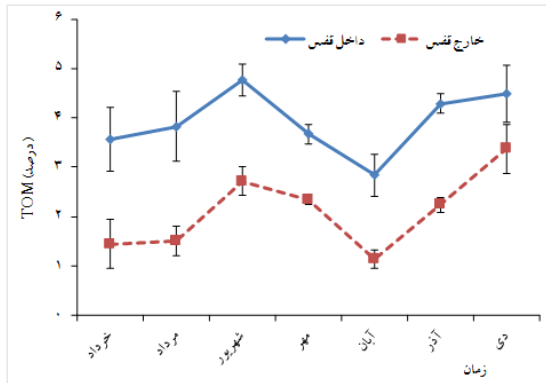
نتایج نشان داد کمترین میزان EC آب ۱۰۹۷۰ میکروموس بر سانتی متر در مهرماه و بیشترین EC دارای ۱۴۵۲۰ میکروموس بر سانتی متر در آبان ماه بود (نمودار ۲). از نظر آماری اختلاف معنی داری بین داخل و خارج قفس در ماه های مورد بررسی نشان ندادند ($P>0.05$).



نمودار ۲: تغییرات EC در داخل و خارج قفس

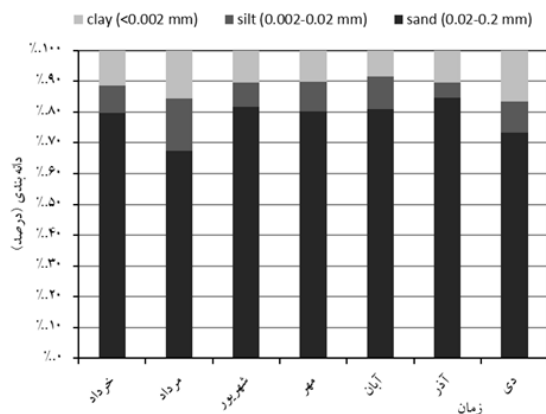
حداقل میزان فسفات در آذرماه با مقدار ۰/۷۲ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۷ میلی گرم در لیتر در آبان ماه بود. حداقل میزان نیتريت در مردادماه با مقدار

در داخل و خارج قفس دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($P < 0.05$).

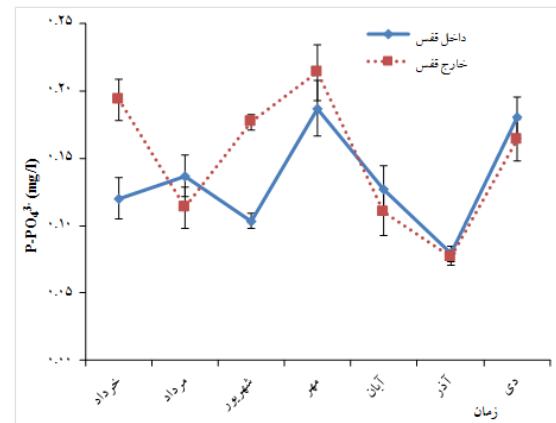


نمودار ۷: تغییرات TOM در داخل و خارج قفس

میزان سختی کل آب در کل بررسی‌های انجام شده کمتر از ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر اندازه‌گیری شد و نوسان کمی را در ماه‌های مختلف نشان داد. نتایج حاصل از دانه‌بندی رسوبات نشان داد که دانه‌بندی موجود در داخل قفس با خارج قفس در تمامی ماه‌های مختلف متفاوت بود. دانه‌بندی بستر در خارج قفس دارای درصد بیشتری از ماسه در مقایسه با داخل قفس بود (نمودارهای ۸ و ۹). همچنین نتایج نشان داد که یک ارتباط معنی‌داری بین دانه‌بندی رسوبات شنی با مواد آلی بستر هم در خارج و هم در داخل قفس وجود ندارد ($P > 0.05$).

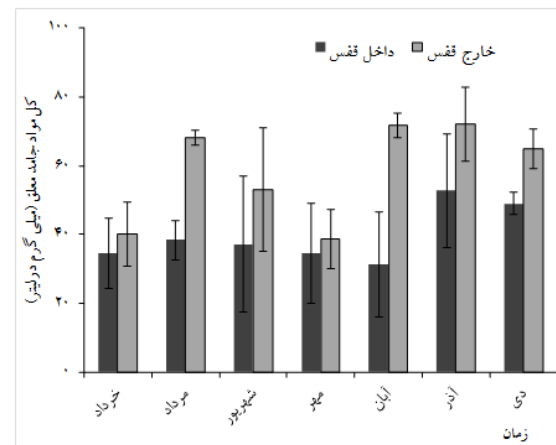


نمودار ۸: میزان دانه‌بندی رسوبات شنی اندازه‌گیری شده در داخل قفس



نمودار ۵: تغییرات PO_4^{3-} در داخل و خارج قفس

میزان TSS خارج قفس در تمامی ماه‌های مورد بررسی بیشتر از داخل قفس اندازه‌گیری شد. بالاترین میزان TSS در آذرماه (۷۲/۱ میلی گرم در لیتر) و کمترین آن در خردادماه (۳۴/۵۳ میلی گرم در لیتر) بود (نمودار ۶). میزان TSS در داخل و خارج قفس از نظر آماری اختلاف معنی‌دار داشتند ($P < 0.05$).



نمودار ۶: تغییرات TSS در داخل و خارج قفس

نتایج حاصل از TOM رسوبات بستر محل استقرار قفس و خارج قفس در نمودار ۷ نشان داده شده است. نتایج حاصل از TOM رسوبات نشان داد که مواد آلی موجود در داخل قفس بیشتر از خارج قفس در تمامی ماه‌های مختلف مورد بررسی بود (نمودار ۹) و میزان آن

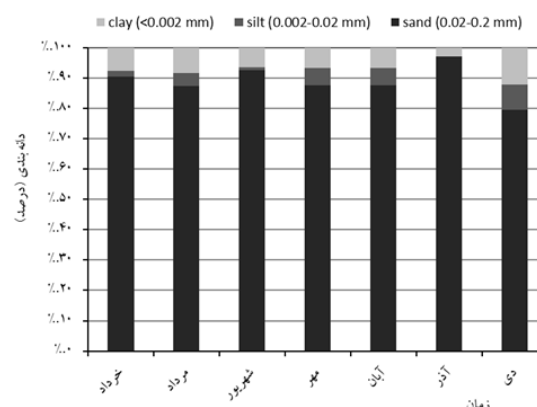
عقوت‌های انگلی حساس می‌کند و مقاومت آنها را در مقال بیماریها کاهش می‌دهد.

دمای مناسب جهت رشد و تغذیه مطلوب برای پرورش ماهیان خاویاری بر اساس تحقیقات انجام شده ۱۸ تا ۲۴ (محسنی و همکاران، ۱۳۸۹)، ۱۶ تا ۲۴ (پورعلی و همکاران، ۱۳۹۰)، ۱۵ تا ۲۵ (کاکوزا، ۱۳۸۰)، ۱۹ تا ۲۴ (شفچنکو، ۱۹۹۸) و ۱۶ تا ۲۱ (آذری تاکامی، ۱۳۸۸) با ۲ تا ۲/۵ درصد غذادهی (Hung et al., 1993) است. بر اساس نتایج حاصل در این بررسی ارتباط رشد ماهیان با دمای آب دریا حاکی از تأثیرات مثبت دمای آب بر درصد افزایش وزن بدن فیل ماهیان پرورشی در قفس بود؛ بنابراین دمای آب بخشی از عوامل محیطی است که می‌بایستی در دامنه مطلوب برای پرورش فیل ماهی در قفس در دریا باشد که به نظر می‌رسد در این بررسی در محدوده مطلوبی بوده است.

در این بررسی نتایج نشان داد میانگین دمای آب ۲۰ تا ۲۹ درجه سانتی گراد طی ۸ ماه از سال بود که بهترین شرایط را جهت تغذیه و رشد فیل ماهی از نظر شرایط بهینه‌دمایی و طول مدت این شرایط ایجاد نمود.

اکسیژن برای تولید انرژی حیاتی همه موجودات عالی مورد نیاز است. انرژی برای هضم و جذب غذا، حفظ تعادل فشار اسمزی بین سلولی و فعالیت‌های حیاتی ضروری است. در صورتی که تأمین اکسیژن در حد مطلوب نباشد بر روی تغذیه، ضریب تبدیل غذایی، رشد و سلامتی اثر منفی می‌گذارد، بنابراین در هر محل وجود مقدار کافی اکسیژن از ضروریات پرورش است.

گونه‌های ماهیان خاویاری در شرایط پرورش می‌توانند تا غلظت ۴ میلی گرم در لیتر اکسیژن محلول را با حفظ سلامتی برای مدت کوتاهی تحمل کنند. در پرورش ماهیان خاویاری، پایین تر بودن سطح اکسیژن



نمودار ۹: میزان دانه‌بندی (درصد) رسوبات شنی اندازه‌گیری شده در خارج قفس

بحث

مکان استقرار قفس نه تنها باید عاری از هرگونه آلودگی با مواد سمی و نفتی باشد بلکه باید از نظر دما، pH، اکسیژن محلول، شوری و متناسب با گونه پرورشی باشد. بررسی شرایط غیر زیستی در محل استقرار قفس نه تنها به لحاظ کنترل شرایط پرورش گونه مورد نظر اهمیت دارد بلکه به عنوان یکی از عوامل تعیین کننده اثرات زیست محیطی پرورش در قفس در محیط‌های دریایی است.

بنابراین انتخاب محل مناسب برای استقرار قفس-های پرورش ماهی در محیط‌های دریایی و آب شیرین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا سرمایه اولیه، هزینه‌های جاری، تولید و تلفات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در زمان انتخاب محل برای پرورش ماهی در قفس، باید شرایط مناسب دما و شوری را برای گونه مورد نظر در نظر داشت؛ زیرا خارج شدن از شرایط نامناسب، روی غذا خوردن، ضریب تبدیل غذا و رشد گونه اثر منفی می‌گذارد. همچنین شرایط نامناسب باعث ایجاد شوک در ماهیان شده و ماهیان را نسبت به

محلول از ۴ میلی گرم در لیتر نبایستی بیش از چند ساعت طول بکشد. (Swingle, 1969; Boyd, 1998; Masser, 1997). محدوده مطلوب برای گونه‌های خاویاری بالاتر از ۷ میلی گرم در لیتر است. اثرات سوء ناشی از کمبود اکسیژن در پرورش تاسماهیان بعد از ایجاد شرایط مطلوب به مدت ۳ تا ۵ ساعت بهبود می‌یابد. بر اساس نتایج حاصل در این بررسی ارتباط رشد ماهیان با اکسیژن محلول آب دریا حاکی از تأثیرات منفی اکسیژن محلول آب بر درصد افزایش وزن بدن فیل ماهیان پرورشی در قفس بود.

Downing و Merkind در سال ۱۹۵۷ طی آزمایشی نشان دادند که سمیت NH_3 با کاهش اکسیژن افزایش می‌یابد. میزان اکسیژن محلول در آب بر کاهش سمیت آمونیاک مؤثر است (آذری تاکامی، ۱۳۸۰). با توجه به آزمایش‌های انجام‌شده در این بررسی غلظت اکسیژن از ۴/۸ میلی گرم در لیتر کمتر نبود و با کاهش دمای آب میزان اکسیژن محلول آب افزایش یافت بطوریکه در دی‌ماه میزان آن به ۸/۶۹ میلی گرم در لیتر رسید. Wu (۱۹۹۵) در گزارش خود بیان نموده است که پرورش در قفس اثرات جزئی بر اکسیژن محلول داشته است اما هنوز نگرانی‌هایی وجود دارد که پرورش در قفس در دریا به‌طور قابل توجهی می‌تواند در کاهش اکسیژن محلول به‌صورت کوتاه‌مدت در محل اثر داشته باشد (Pittenger et al., 2007, Tett, 2008).

در pH پایین‌تر از ۶/۵ رشد ماهی کند می‌شود. نقطه مرگ اسیدی (acid death point) $\text{pH} = 4$ و نقطه مرگ قلیایی $\text{pH} = 11$ است، ولی محدوده مناسب pH برای پرورش گونه‌های مختلف ۷-۸/۵ است (Boyd, 1998) و برای نگهداری و پرورش ماهیان خاویاری pH

مناسب ۷/۵-۸/۵ است (پورعلی و همکاران، ۱۳۹۱). میزان pH آب در کل بررسی‌های انجام‌شده بالای ۸ اندازه‌گیری شد و نوسان کمی را در ماه‌های مختلف نشان داد که حاکی از شرایط خوب از نظر اسیدیته آب جهت پرورش فیل ماهی در آب دریا بود. نوسانات کم pH در این بررسی می‌تواند به این دلیل باشد که آب دریا یک بافر خوب بوده و در مقابل نوسانات pH ناشی از اضافه شدن ترکیبات اسیدی یا قلیایی، مقاوم است و برخلاف آب‌های شیرین، pH آب دریا نوسانات مهم فصلی یا روزانه ناشی از فتوسنتز را ندارد. پرورش متراکم در قفس می‌تواند تولید زی‌شناوران را تحریک کند و pH را بالا ببرد (به‌ویژه در تابستان) که این مسئله ناشی از بالا رفتن میزان تثبیت کربن در اثر فتوسنتز است.

بعضی گونه‌های آبی نسبت به بقیه، قدرت تحمل بیشتری در برابر نوسانات سریع شوری دارند ولی ممکن است این نوسانات سریع برای ماهی‌های پرورشی خطرناک باشد. در بررسی حاضر تفاوت معنی‌داری بین میزان شوری در داخل و خارج قفس مشاهده نگردید. شوری حداقل ۸/۵ قسمت در هزار در مردادماه و حداکثر ۱۴ قسمت در هزار در مهرماه بود. میزان شوری آب از مردادماه تا آبان ماه به ترتیب افزایش نشان داد که این موضوع ممکن است به دلیل وجود جریان‌های عمودی و سطحی آب باشد. حداکثر EC ایستگاه‌ها در این بررسی برابر ۱۴۵۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر بود که با نتایج پورعلی و همکاران در سال ۱۳۹۰ که حداکثر میزان EC را ۱۴۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر برای فیل ماهی در آب لب‌شور دریا قابل تحمل ارزیابی نمود مطابقت داشت. میزان EC در پایین‌ترین مقدار ۱۰۹۷۰ میکروموس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

در ارزیابی اثرات زیست محیطی آبی پروری در هر پروژه ای میزان فسفر و نیتروژن در خوراک ها و ضریب تبدیل غذایی مهم هستند (Acketors, 1999). ضریب غذایی در بیشتر کشورهای اروپایی از ۲/۳ به کمتر از ۰/۳، میزان نیتروژن به کمتر از ۷/۸ درصد و میزان اکسیژن از ۱/۷ درصد به کمتر از یک درصد کاهش یافته است. در نتیجه، به ازای هر تن تولید ماهی در حال حاضر، میزان تخلیه فسفر کمتر از ۱۰ کیلوگرم و نیتروژن کمتر از ۵۳ کیلوگرم است (Acketors and Enell, 1994).

فسفات ها برخلاف نیتروژن که بیشتر به صورت محلول اند، به شکل ذرات بوده و کمترین تأثیرات زیست محیطی را در آب دریاها دارند. هر چند اختلاف نظرهایی در این رابطه وجود دارد، اما اکثر محققین معتقدند که به استثنای برخی از مناطق با شوری پایین، فسفات نقش مهمی در کنترل رشد جلبکی در آب های ساحلی ندارد و بنابراین نباید عنوان یک ماده زائد مهم مورد ملاحظه قرار بگیرد. اهمیت نقش نیتروژن و فسفر به عنوان مواد زائد توسط برخی از دانشمندان مورد تأکید قرار گرفته است (Hakanson et al., 1988). در این بررسی، حداقل میزان فسفات در آذرماه ۰/۰۷ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۷ میلی گرم در لیتر در آبان ماه بود. نتایج بررسی نشان داد که مقادیر این فاکتور در داخل و خارج قفس تفاوتی را نشان ندادند. میزان قابل قبول فسفات مورد استفاده برای پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین ۰/۰۷۲ میلی گرم در لیتر است (کاکوزا، ۱۳۸۰) که با حداقل آن در آذرماه مطابقت داشت.

همچنین حداقل میزان نیتريت در مردادماه با مقدار ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۰۶۸ میلی گرم

در لیتر در آبان ماه در خارج قفس اندازه گیری شد و میزان آن در پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین باید تقریباً صفر باشد (کاکوزا، ۱۳۸۰) که تا حدود زیادی با میزان نیتريت در پرورش فیل ماهی در داخل و خارج قفس مطابقت دارد. میزان نیتريت با سختی بالا همچون آب دریا تا ۰/۰۶ میلی گرم در لیتر قابل قبول است (کاکوزا، ۱۳۸۰) که این میزان در بررسی حاضر در اکثر ماه ها کمتر از ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر بود.

با توجه به بررسی های انجام شده در قفس، میزان سختی کل آب کمتر از ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود که با نتایج پورعلی و همکاران (۱۳۹۰) که میزان سختی کل آب جهت پرورش فیل ماهی در آب لب شور را تا ۳۸۰۰ میلی گرم در لیتر قابل قبول ارزیابی نمودند مطابقت داشت.

مزارع پرورش ماهی در قفس، خود یک منبع تولید مواد جامد معلق هستند. جریانات آبی از ته نشین شدن ذرات جلوگیری کرده و باعث تعلیق مجدد مواد رسوبی می شوند. گل آلودگی زیاد موجب صدمه زدن به برانش های ماهیان می شود و بافت های مخاطی برانش را متورم و ضخیم می کند. اگر میزان صدمه بالا باشد ماهی می میرد. اگر میزان گل آلودگی کمتر از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر باشد برای اکثر گونه ها مشکلات چندانی ایجاد نمی کند؛ اما مدت زمانی که ماهی در معرض این شرایط قرار می گیرد، مهم است (Redding et al., 1987). در بررسی حاضر میزان TSS از ۱۳ تا ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد که با توجه به جریانات دریایی این میزان در اکثر ماه های مورد بررسی کمتر از میزانی بود که برای ماهی مشکل ایجاد نماید.

پرورش ماهی در قفس همیشه باعث تغییر ترکیب شیمیایی رسوب یا تغییرات اکولوژیک جامعه کفزیان

پرسلولی نمی شود و میزان غنی شدن رسوبات از مواد مغذی به گونه پرورشی، غذا، مدیریت، جریان و عمق بستگی دارد.

از آنجائی که مدفوع و غذای زائد در رسوبات زیر قفس های دریایی انباشته می شوند، می توانند موجب افزایش میزان مواد آلی و مغذی (کربن، نیتروژن و فسفر) در بستر و کف قفس ها شوند (Hargrave, 1994).

طی مدت پرورش مواد زائد محلول نظیر نیتروژن و فسفر در منابع آبی باقی مانده و ذرات آلی جامد در رسوبات ته نشین می شوند. بیشتر ذرات جامد رهاسازی شده شامل کربن آلی می باشند که موجب حاصلخیزی اکوسیستم های بنتیک می شوند. در مناطق دارای تلاطم پایین آب و ورودی زیاد مواد آلی، موجب بی هوازی شدن لایه حد واسط رسوبات و آب می گردد. میزان اکسیژن آب لایه زیرین واحدهای پرورش در قفس در شرایط متلاطم، برای مدت طولانی پایین می آید (Gowen & Bradbury, 1987).

در طرح حاضر تمامی غذای کنسانتره مصرفی ماهیان خاویاری پلت های خشک تجاری است. غذاهای تجاری ماهیان خاویاری حاوی حدود ۲۰ درصد چربی، ۴۰ درصد پروتئین و ۱۸ درصد کربوهیدرات با محتوای انرژی ۱۹/۵ مگا ژول بر کیلوگرم است. نتایج حاصل از آنالیز آماری اختلاف معنی داری را بین میزان درصد مواد آلی کل (TOM) رسوب در داخل و خارج قفس نشان داد.

نتایج نشان دادند که مواد آلی موجود در داخل قفس بیشتر از خارج قفس در تمامی ماه های مختلف مورد بررسی بود. افزایش مواد آلی بستر در داخل قفس شاید به دلیل مواد دفعی ماهیان باشد که موجب دپوی

مواد آلی در بستر گردید. میزان مواد آلی در مهرماه و آبان ماه روند نزولی را به دنبال داشت که می تواند به دلیل جریانات دریایی، عدم غذادهی و یا دمای آب باشد. پرورش ماهی در قفس نقش زیادی در ته نشین شدن رسوبات و دتریتوس ها دارد. در صورتی که جریانات آبی این مواد را پخش نکنند، روی هم انباشته شده و شرایط پرورش در قفس را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Mattsson & Linden, 1983).

بهترین و سودمندترین راه حل مشکلات انباشت مواد زائد در زیر قفس ها اتخاذ استراتژی کاهش مواد زائد است. پیشرفت های اخیر در غذا و روش های غذادهی نشان داده که این عمل امکان پذیر است. برای مثال ضریب تبدیل غذای پرورش ماهی آزاد در اروپا در طی ۵ سال بیش از بیست درصد پایین آمده است.

درشتی و ریزی دانه های تشکیل دهنده رسوبات یکی از عواملی است که در بررسی نحوه گسترش و تجمع بنتوزها مهم است در نتیجه بررسی های به عمل آمده در این زمینه نشان می دهد که گرچه اندازه ذرات در نحوه توزیع بنتوزها مؤثر است ولی در حقیقت عامل محدود کننده همان منافذ موجود در بین ذرات خاک و رسوبات است که از آب پر شده و محیط مناسبی برای تجمع بنتوزها فراهم می آورد. بنابراین ذرات درشت تر (شن) رسوبات فضای بیشتری برای بنتوزهای رسوب زی ایجاد می کنند تغییرات در ترکیب اندازه دانه های رسوبات حتی به فاصله خیلی کوتاه در یک منطقه در توزیع و گسترش موجودات بنتیک که دارای حرکات خفیف می باشند مؤثر است. به طور کلی از بررسی های به عمل آمده می توان نتیجه گرفت که تأثیر اندازه ذرات رسوبات در حرکت و گسترش فون بنتیک درون رسوب زی غالباً تابع

عوامل محیطی مثل میزان آب موجود در محیط، دما، شوری، میزان جریان آب و مقدار اکسیژن موجود در رسوبات است.

در این بررسی میزان دانه بندی رسوبات با میزان مواد آلی رسوبات در داخل و خارج قفس با یکدیگر ارتباط معنی داری نداشتند. این در حالی است که دانه بندی رسوبات در داخل و خارج قفس از اختلاف معنی داری برخوردار بود.

سپاسگزاری

این تحقیق با مساعدت مالی واداری اداره کل شیلات استان گیلان و موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر انجام گردید. بدین وسیله از تمامی مسئولین و کارشناسانی که در انجام این پروژه همکاری داشته اند سپاسگزاری می گردد.

منابع

۱. آذری تاکامی، ق.، ۱۳۸۸. تکثیر و پرورش تاس ماهیان. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۰۱ صفحه
۲. پورعلی فشمی، ح. ر.، بهمنی، م.، صادقی راد، م.، حسین نیا، ا.، عاشوری، ع.، ارشد، ع.، ۱۳۹۰. مطالعه اثرات تراکم پرورش فیل- ماهی طی دوره سازگاری به غذای کنسانتره در محیط آب لب شور و شیرین. نشریه توسعه آبرزی پروری. سال پنجم. شماره دوم. صفحات ۱۷-۳۲.
۳. پورعلی، م. ر.، یزدانی، م. ع.، پیکران مانا، ن.، حسنی، م.، محسنی، م.، نظامی، ا.، ۱۳۹۱.

- بیوتکنیک پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین و لب شور. دنیای آبریان. سال نهم. شماره ۲۵. ص ۳۰-۲۱.
۴. شفچنکو، و.، ۱۳۷۵. بیوتکنیک پرورش گوشتی ماهیان خاویاری. کارشناس علمی کاسپینرخ روسیه
 ۵. کاکوزا، ا.، ۱۳۸۰. روشهای نوین تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری. دوره آموزشی کوتاه مدت ضمن خدمت کارشناسان شیلات. مرکز آموزش علوم و صنایع شیلاتی میرزا کوچک خان.
 ۶. محسنی، م.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، کاظمی، ر.، حلاجیان، ع.، صالح پور، م.، جعفری، ع.، ۱۳۸۹. مطالعه امکان تولید گوشت، خاویار و بچه ماهی از تاسماهیان پرورشی (تاسماهی ایرانی، فیل ماهی، شپ و ازون برون). گزارش نهایی پروژه مصوب موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۳۱ صفحه.
 7. Ackefors, H., Enell, M., 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture system in Nordic countries. Journal. Applied. Ichthyology, 10. 225-241.
 8. Acketors, H., 1999. Environmental impact of different farming technologies. In Sustaiaable Aquaculture-food for future. (Ed. By N. Svennevig, H. Reinertsen & M. New). 145-169. A. A. Balkema, Rotterdam.
 9. APHA (American Public Health Association)., 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edn. American Public Health Association, Washington DC.
 10. Beveridge, M., 1998. Cage Aquaculture. Fishing News Books Ltd., England.
 11. Boyd, C. E., 1998. Bottom soils, Sediment, and pond aquaculture. Chapman & Hall, New York, 348 pp

- white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*, 115, 297-303.
23. Liao, I-C., Lin, C.K., 2000. Cage culture in Asia. *Proceedings of International Symposium on cage Aquaculture in Asia*. Asian Fisheries Society and World Aquaculture Society, Manila, Philippines.
 24. Masser, M. 1997. Cage culture site selection and water quality. Published, SRAC. No, 161.
 25. Mattsson, J., Linden, O., 1983. Benthic microfauna succession under mussels, *Mytilus edulis*, cultured on hanging long line. *Sarsia*, 68, 97-102.
 26. Pearson, T.H., Black, K.D., 2001. The environmental impacts of marine fish cage culture. Pages 1-31 in K.D. Black, editor. *Environmental Impacts of Aquaculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
 27. Pittenger, R., Anderson, B., Benetti, D.D., Dayton, P., Dewey, B., Goldburg, R., Rieser, A., Sher, B., Sturgulewski, A., 2007. Sustainable marine aquaculture: Fulfilling the promise; managing the risks. Marine Aquaculture Task Force. Available at: www.pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/Reports/Protecting_ocean_life/Sustainable_Marine_Aquaculture_final_1_07.pdf. Accessed: 27 September 2012.
 28. Redding, J.W., Schreck, C.B., Everest, F.H., 1987. Physiological effects on coho salmon and steelhead of exposure to suspended solids. *Transaction of American Fisheries Society*, pp.737-744.
 29. Swingle, H.S., 1969. Methods of analysis for waters, organic matter and pond bottom soils used in fisheries research. Auburn Univ. Auburn, Alabama, 119p.
 30. Tett, P., 2008. Fish farm waste in the ecosystem. In: Holmer M, Black K, Duarte CM, Marba N, Karakassis I (eds) *Aquaculture in the ecosystem*. Springer, Dordrecht, p 1-46
 31. Wei, Q.w., 2009. Aquatic wildlife conservation of China.
 32. Wu, R.S.S., 1995. The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin*, 31,159-166.
 12. Braaten, B., 2007. Cage culture and environmental impacts. Pages 49-91 in A. Bergheim, editor. *Aquacultural Engineering and Environment*. Research Signpost, Kerala, India.
 13. Downing, K.M., Merckens, J.C., 1995. The influence of dissolved oxygen concentrations on the toxicity of un-ionized ammonia to rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Annals of Applied Biology*, 43, 243-246p.
 14. FAO., 2007. Cage aquaculture, Regional reviews and global overview. FAO Fisheries Technical Paper, 498. Rome
 15. Goldburg, R., Naylor, R., 2005. Future seascapes, fishing, and fish farming. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3:21-28.
 16. Gowen, R.J., Bradbury, N.B., 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: A review. In *Oceanography and Marine Biology: An annual Review* (Ed. By M. Barnes).
 17. Grigorakis, K., Rigos, G.. 2011. Aquaculture effects on environmental and public welfare - the case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere* 855:899-919.
 18. Hakanson, L., Wrvik, A. Makinene T. & Molleg, B., 1988. Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 103 pp.
 19. Hargrave, B., T. 2003. Far-field environmental effects of marine finfish aquaculture. Pages 1-49 in Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2450, Volume 1. Available at: http://mmc.gov/drakes_estero/pdfs/bivalve_aquaculture_03.pdf. Accessed: 27 September 2012.
 20. Holme, N.A., McIntyre, A., 1984. Methods for study marine benthos IBP. Hand book. No. 16. Second edition. Oxford 387 pp.
 21. Holmer, M., 2010. Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs. *Aquaculture Environment Interaction*, 1:57-70
 22. Hung S. O., Lutes, P.B., Shqueir, A., Conte, F., 1993. Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile